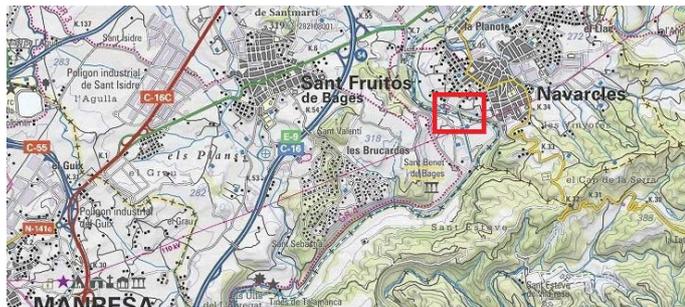


Redacción del proyecto ejecutivo para la construcción de una rampa para peces en el río Llobregat en el ámbito de Món Sant Benet

RESUMEN

La Fundació Catalunya-La Pedrera encargó a Naturalea la redacción del proyecto ejecutivo para la construcción de un dispositivo de paso para peces en el azud situado en el río Llobregat entre las poblaciones de Navarcles y Sant Fruitós (comarca del Bages). En numerosas ocasiones, los pasos para peces construidos no cumplen algún parámetro de velocidad o calado y terminan siendo poco o nada utilizados. Queriendo evitar esta situación y gracias a la colaboración del "Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis" (CERM), se elaboró un diagnóstico ambiental de la zona y se determinaron unas prescripciones técnicas para el diseño del dispositivo. Dada la importancia de la integración paisajística y el reto de garantizar la funcionalidad de la infraestructura para un amplio espectro de especies y caudales, se eligió como tipología de dispositivo una rampa para peces con lecho rugoso, y se ubicó aguas arriba del azud. Para el dimensionamiento se ha elaborado un estudio hidráulico que, entre otras herramientas, se ha valido del programa de modelización hidráulica bidimensional IBER para estimar los calados y velocidades dentro de la rampa.



Ubicación y ortofoto del ámbito

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del proyecto es minimizar el impacto que actualmente tiene el azud en relación a la conectividad en el río Llobregat. El dispositivo de paso para peces tiene que ser funcional para un amplio espectro de caudales y especies, especialmente para las cuatro especies autóctonas identificadas en el estudio preliminar: *Anguilla anguilla*, *Barbus haasi*, *Squalius laietanus* y *Salmo trutta*. Además, se quiere aprovechar su ubicación privilegiada para que sea un espacio de formación y divulgación integrado dentro del conjunto Món Sant Benet. Finalmente, se busca la mayor integración posible en el paisaje.



Azud de Sant Benet y margen izquierda

PROBLEMÁTICA ACTUAL

El ámbito del proyecto está situado en el río Llobregat, en la entrada del meandro de "Món Sant Benet" entre los municipios de Navarcles y Sant Fruitós de Bages. En este punto se encuentra un azud que permite la derivación de agua hacia la acequia de Sant Benet, utilizada para aprovechamiento hidroeléctrico. Actualmente, con sus 1,8m de altura, el azud supone un obstáculo infranqueable para la fauna.

METODOLOGIA

Para el diseño del paso para peces se ha contado con un equipo pluridisciplinar para abordar los distintos requerimientos.

En primer lugar, el equipo del "Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis" (CERM) ha realizado una evaluación del estado ecológico del río Llobregat en el entorno del azud y ha establecido los criterios básicos de diseño desde el punto de vista ambiental y funcional. A partir de estos criterios se ha definido la ubicación, la geometría y las dimensiones del paso para peces. En este prediseño se han tenido en cuenta, además de los criterios determinados en el citado informe, otros condicionantes como la integración en el entorno o la visual desde la orilla.

El prediseño se ha validado hidráulicamente para garantizar que el paso para peces cumpla con los requisitos de velocidad máxima de flujo y calado mínimo considerando los caudales ecológicos y los caudales ordinarios, con una primera fase de predimensionamiento con cálculo analítico y una segunda fase de modelización bidimensional. Finalmente se ha comprobado la estabilidad de la infraestructura para eventos extremos, para los que se ha considerado un periodo de retorno de 100 años. Con esta información, se ha definido en detalle la parte interna del paso para peces.



Azud de Sant Benet, compuerta de fondo y entrada al canal

Redacción del proyecto ejecutivo para la construcción de una rampa para peces en el río Llobregat en el ámbito de Món Sant Benet

PREDISEÑO

Para la elección de la tipología de paso para peces se consideraron distintas soluciones del tipo "cercanas a la naturaleza". Finalmente se optó por una rampa para peces en una parte del azud. La parte baja de la rampa coincide con la alineación del azud, con su desarrollo hacia aguas arriba. Como ventajas de esta tipología frente a otras, se valoró su eficacia para todo tipo de seres vivos y su integración paisajística, teniendo en cuenta la restricción que el canal de derivación debía seguir siendo operativo.

El fondo de la rampa será de material granular siempre que sea posible por temas de estabilidad, ya que es más favorable desde el punto de vista ecológico que una base de hormigón. Además, la presencia de piedras proporciona una alta rugosidad, que complementada con la colocación de grandes bloques dispersos permiten asegurar los caudales y calados deseados.

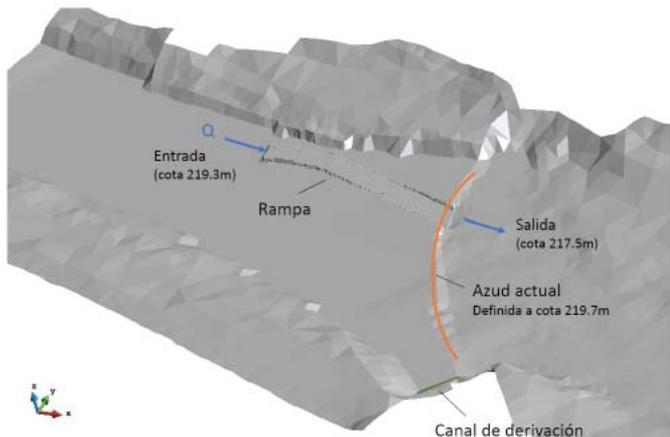
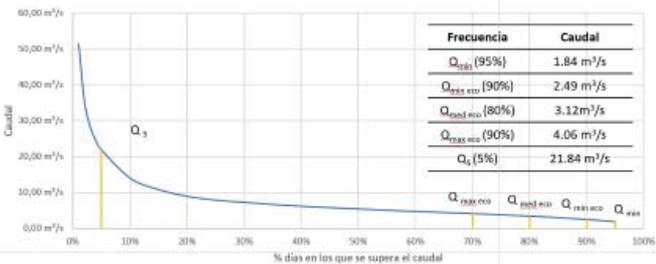
Tabla 1. Prescripciones técnicas de la rampa para peces

Parámetro	Valor
Anchura	>1:20 anchura del río
Profundidad media del agua	> 0.4m
Pendiente longitudinal	1:25-1:30
Velocidad media	1.0-1.5m/s

ESTUDIO HIDRÁULICO

Predimensionamiento

En primer lugar, se ha realizado un predimensionamiento para determinar la longitud y anchura del dispositivo de paso mediante cálculos analíticos. Se trata de garantizar que el dispositivo es funcional para caudales bajos o habituales. Para ello se han tomado de referencia los caudales ecológicos fijados por el ACA, que adoptan un valor distinto según la época del año (máximo, medio o mínimo ecológico) y la curva de caudales clasificados tomando la suma de los datos de las estaciones de aforo de Balsareny (río Llobregat) y de Artès (riera Gavarresa).



Vista esquemática de la modelización con IBER

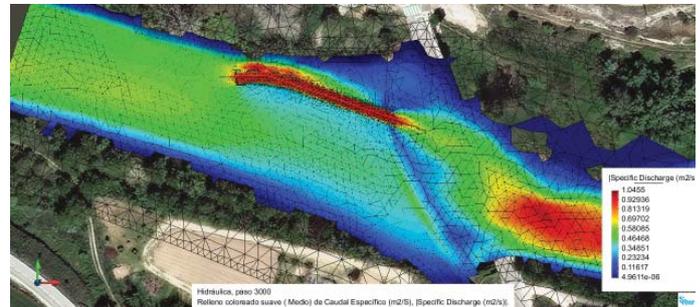


Ubicación de la rampa y de la barrera para evitar la entrada de los peces en el canal de derivación

Validación con modelo bidimensional IBER

En segundo lugar, se ha modelizado la rampa con el software IBER 2D. Los resultados muestran como la rampa cumple los requisitos mínimos de funcionamiento en cuanto a velocidades y calados en todos los casos, con resultados coincidentes con los del predimensionamiento.

Para caudales bajos, se comprueba que todo el caudal pasa por la rampa mientras que a partir del caudal máximo ecológico el caudal se divide entre la rampa y el vertedero. En todas las simulaciones el régimen es lento en la rampa. Se comprueba que la rampa es funcional para un 90% de los días del año.



Vista de resultados de la modelización con IBER: caudal específico para un caudal total de 21,84m³/s

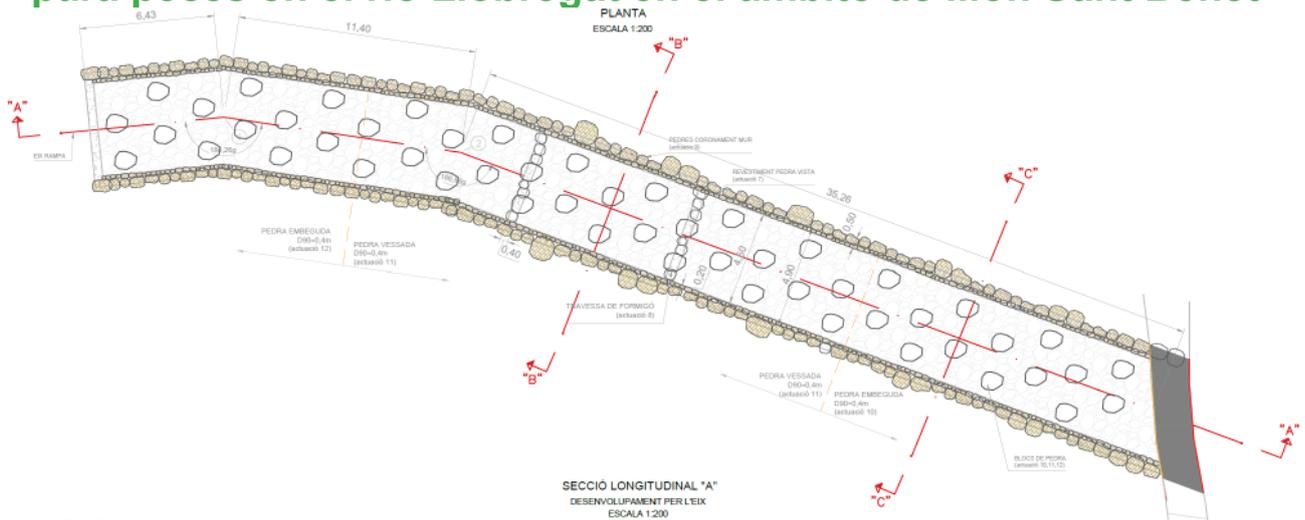
Resistencia frente avenidas

Se ha realizado la modelización 2D para los caudales de avenida Q50 (852.5m³/s) y Q100(1146.5m³/s). Con los resultados de calado y velocidad obtenidos se ha calculado la resistencia de la escollera con la formulación de Maynard et al (1987), que permite hacer una estimación del diámetro característico para que no se produzca arrastre.

Para mayor resistencia frente avenidas se ha dividido la rampa en tres tramos: en los extremos parte del material del lecho estará embebido en hormigón.



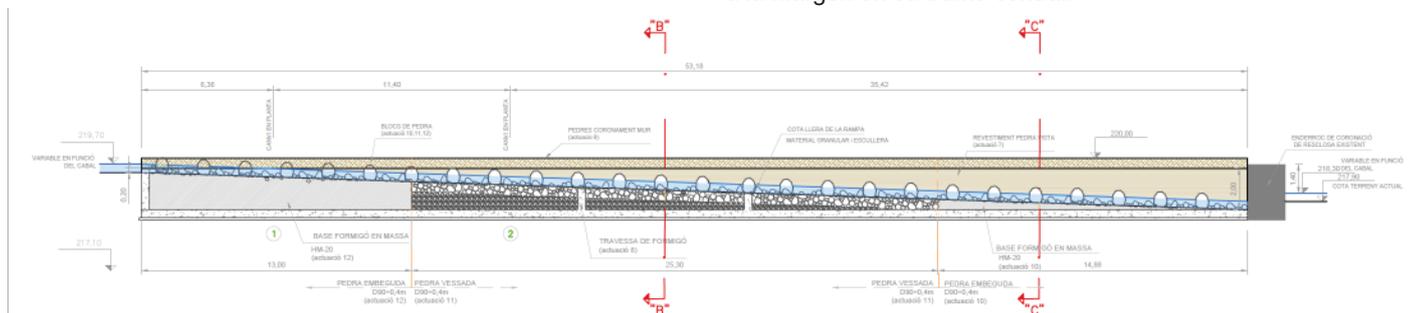
Redacción del proyecto ejecutivo para la construcción de una rampa para peces en el río Llobregat en el ámbito de Món Sant Benet



UBICACION

La ubicación del paso hacia aguas arriba del azud y en la margen izquierda se ha elegido teniendo en cuenta que las condiciones hidráulicas fueran favorables, que fuera fácil la creación de un acceso para las personas para aproximarse con finalidades divulgativas, pero sobre todo que fuera fácil de localizar por los peces desde aguas abajo. Dado que el azud en planta es ligeramente oblicuo en relación a la dirección del flujo, el hecho de ubicar la parte baja del paso en la alineación del azud permite que un pez que llegue a un punto cualquiera del azud, vaya resiguiendo el obstáculo a contracorriente hasta dar con la rampa.

La forma curvada en planta se justifica por varios motivos. El primer motivo es para situar la entrada en el lugar de máxima profundidad de agua al pie del azud y alejado de la salida de un colector de pluviales que se encuentra justo a la altura del azud en la margen izquierda. El segundo es que la salida aguas arriba de la rampa conviene que esté alejada de la margen izquierda para respetar al máximo las dinámicas de flujo actual y evitar posibles erosiones en la misma. Finalmente, se quiere hacer posible la aproximación de las personas a la rampa desde la margen para observar el dispositivo con finalidades didácticas y divulgativas. Por este motivo el trazado de la rampa se aproxima a la margen en su tramo central.



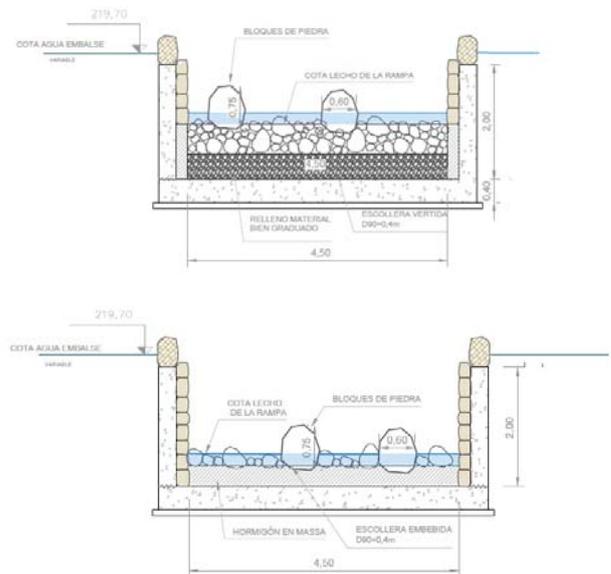
DISEÑO FINAL

La rampa tendrá una longitud total de 55m y un ancho útil de 4,5m. El desnivel a salvar es de 1,8m, de modo que resulta una pendiente de 1:30.

La estructura de la rampa consistirá en una U de hormigón que se rellenará de material suelto para crear un lecho granular. En ciertos puntos donde las solicitaciones en caso de avenida son mayores, o en los puntos donde no es posible dar un espesor suficiente a la capa de material suelto, se fijaran algunos bloques con hormigón en masa. Se construirán también traviesas en dos puntos para sujetar el material suelto. Encima del material suelto se colocaran bloques de piedra en hileras de dos elementos cada 2 metros.

Para que la rampa quede integrada en el entorno, los muros de hormigón y la coronación del muro se revestirán de modo que queden totalmente camuflados por la piedra.

El funcionamiento de la rampa será tal que para los caudales bajos todo el caudal pasará por la rampa, de modo que siempre será el punto de máximo flujo y atracción para los peces.



Sección A-A' (superior) y sección B-B' (inferior)